



Title	AIに基づく歯科用セラミックスの結晶領域抽出法の開発
Author(s)	
Citation	令和5（2023）年度学部学生による自主研究奨励事業 研究成果報告書．2024
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/95177
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

令和5年度大阪大学未来基金「学部学生による自主研究奨励事業」研究成果報告書

ふりがな 氏名	かまた ひなた 鎌田 陽	学部 学科	歯学部 歯学科	学年	4年
ふりがな 共同 研究者氏名	たなか あつき 田中 淳貴	学部 学科	歯学部	学年	4年
					年
					年
アドバイザー教員 氏名	山口 哲	所属	歯学研究科		
研究課題名	AIに基づく歯科用セラミックスの結晶領域抽出法の開発				
研究成果の概要	研究目的、研究計画、研究方法、研究経過、研究成果等について記述すること。必要に応じて用紙を追加してもよい。(先行する研究を引用する場合は、「阪大生のためのアカデミックライティング入門」に従い、盗作剽窃にならないように引用部分を明示し文末に参考文献リストをつけること。)				

研究目的

ガラスセラミックスは、ガラスマトリックス内に様々な結晶が析出することで強度を発現するため、結晶の形状や分散状態を観察することは、新規のセラミックスを開発するうえで重要である。しかし、試料を走査型電子顕微鏡で観察したり、得られた観察像の濃淡情報に基づいて画像処理(二値化)する方法では、個々の結晶領域を精密に観察することは困難であった。

そこで、本研究では、物体検出に用いられる AI を用いて、走査型電子顕微鏡像からガラスセラミックスの結晶領域を自動で抽出する方法を開発することを目的とした。

研究方法

【被験材料と試料作製】

ガラスセラミックスとして、市販の IPS e.max CAD (EX; Ivoclar) と Celtra Duo (CD; Dentsply Sirona) (表 1) を用いた。各ブロックから厚み 1 mm の試料をダイヤモンドブレードで切り出した後、切断面を耐水研磨紙 (P4000) で研磨し、5 分間のイオンミリング処理を施した。

表 1. 被験材料の組成¹

製品名	略称	製造社	組成
IPS e.max CAD	EX	Ivoclar Vivadent AG (Liechtenstein)	$\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, Li_3PO_4 , Cristobalite, Glass
Celtra Duo	CD	Dentsply Sirona Inc. (USA)	Li_2SiO_3 , $\text{Li}_2\text{Si}_2\text{O}_5$, Li_3PO_4 , Glass

【AIの訓練/テスト用画像の準備】

走査型電子顕微鏡 (SU-70, HITACHI) で各試料の表面を 15000 倍で観察し、20 の観察像を得た。1 つの画像から 1024×1024 ピクセルの領域をランダムに 2 枚切り出し、得られた 40 枚の画像のうち、20 枚を AI の訓練用画像、残りの 20 枚をテスト用画像とした。

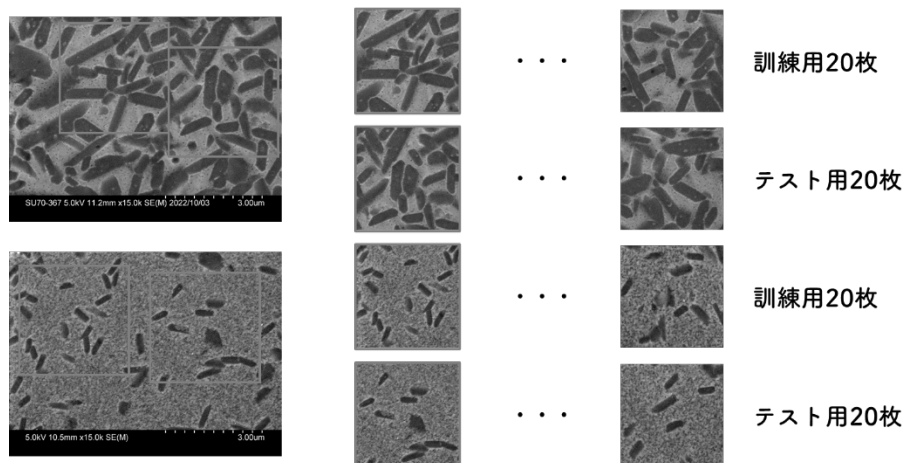


図 1.電子顕微鏡像から抽出した訓練用画像とテスト用画像の内訳

【アノテーション】

20 枚の訓練用画像について、アノテーション用のソフトウェア (LabelMe) を用いて、結晶領域を手動で抽出し、これらを正解領域とした。ただし、画像の境界をまたぐ結晶は、抽出の対象から除外した (図 2)。

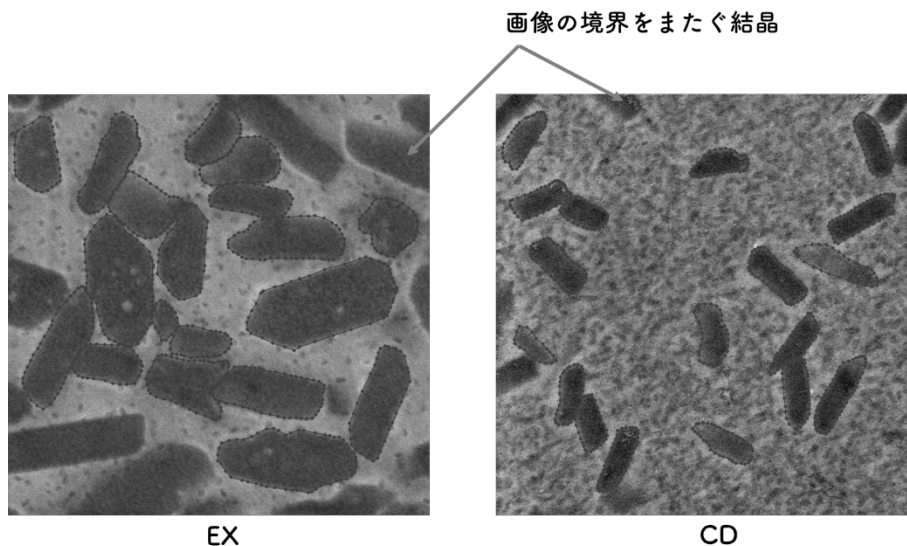


図 2.正解領域のアノテーション (左:EX, 右:CD)

【AIの学習と抽出精度の評価】

Bolya らによって提案された YOLACT² に基づき、訓練用画像を用いて AI の学習を行った。テスト用画像を用いて結晶領域の抽出を行い、学習済みの AI が抽出した結晶の数を走査型電子顕微鏡像で実際に確認できる結晶の数で除算することで、抽出精度を求めた。

研究経過

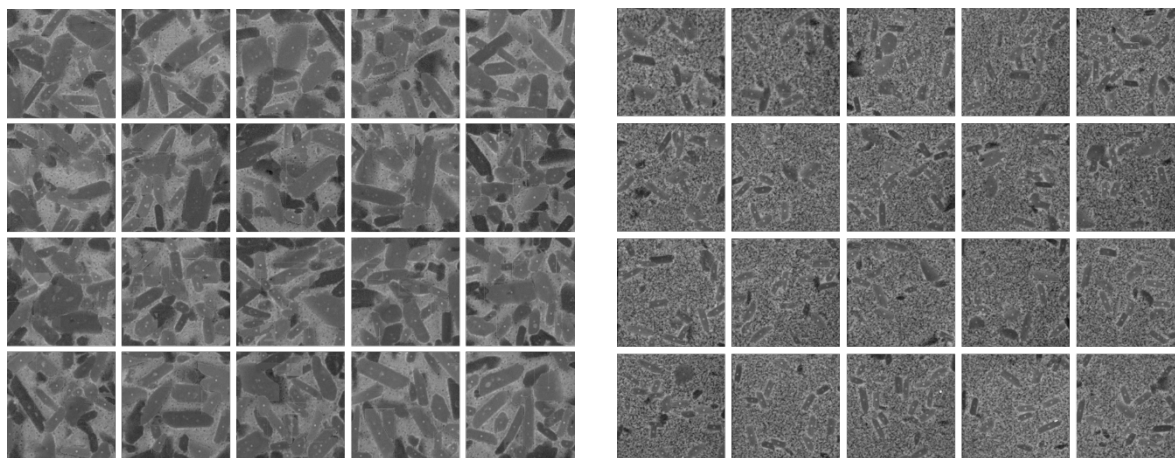


図3. 結晶領域抽出結果(左:EX, 右:CD)
(抽出された結晶の重心位置に直径10ピクセルの丸を描画)

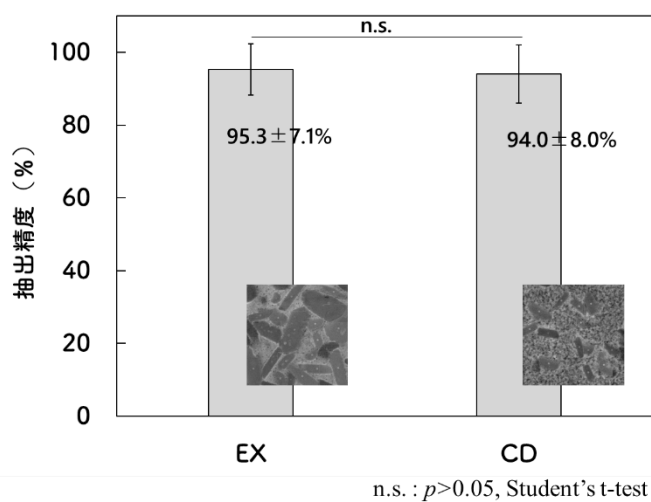


図4.抽出精度

学習済みのAIを用いて、EXとCDの走査型電子顕微鏡像から結晶領域を抽出した結果を図3に示す。抽出精度は、EXで $95.3 \pm 7.1\%$ 、CDで $94.0 \pm 8.0\%$ となり、両者に有意差を認めなかった($p > 0.05$) (図4)。

結晶の形状特性の異なるEXとCDのいずれにおいても、構築したAIは、テスト用画像の結晶領域を自動的に高い精度で抽出することに成功した。

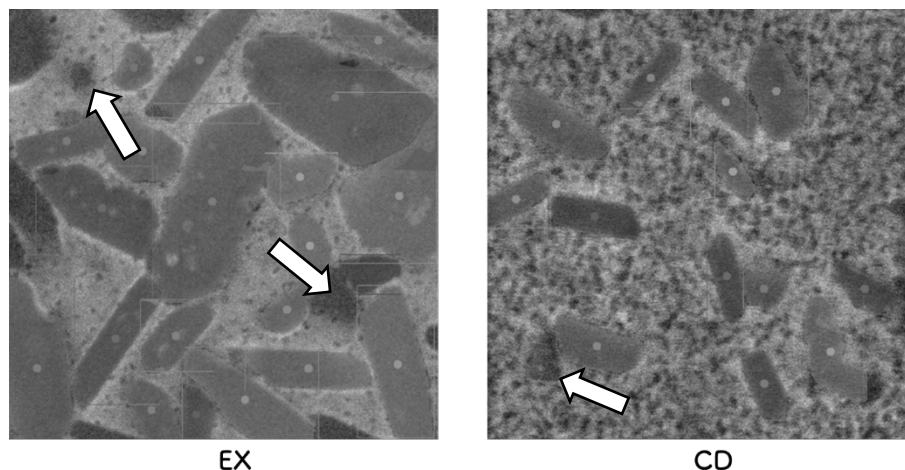


図 5.抽出されなかった結晶の例(左:EX, 右:CD)

図 5 の白色矢印で示すような結晶が抽出されなかった理由として、結晶の一部がガラスマトリックス内に埋もれており、境界が不明瞭であることが原因として挙げられる。このような結晶は、アノテーションの段階で抽出対象から除外していたため、構築したAIは、訓練用画像のアノテーションに基づき、テスト用画像に写るこのような結晶を正常に除外したものと考えられる。

また、抽出された領域の重心位置を記録することで、結晶の分散状態を定量的に比較することが可能となる。また、テスト用画像が相互に重複するように切り出すことで、画像の境界をまたぐ結晶領域の抽出も可能となり、より広い撮像範囲での抽出に展開できるものと期待できる。

研究成果

本研究において、ガラスセラミックスの走査型電子顕微鏡像からAIを用いて結晶領域を自動で高精度に抽出する方法を開発することに成功した。

今後は、さらに他の市販品でも同様に結晶領域を自動で高精度に抽出可能か否かを検証するとともに、抽出した結晶の分散状態からガラスセラミックスの二軸曲げ強度を予測するAI³を開発し、逆に期待する二軸曲げ強度から結晶の分散状態を予測することで、新規ガラスセラミックスの開発効率を高めることを目指す。

参考文献

1. Lubauer J, *et al.*, Grasping the Lithium hype: Insights into modern dental Lithium Silicate glass-ceramics. Dent Mater 38:318-332, 2022.
2. Bolya D, *et al.*, YOLACT: Real-time instance segmentation, arXiv: 1904.02689, 2019.
3. Yamaguchi S, *et al.*, Predicting biaxial flexural strength of ceramics by materials informatics approach. The 101st General Session & Exhibition of the International Association for Dental Research (IADR), Bogota, Colombia, 2023.